



**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ
«ЭНЕРГИЯ» ИМЕНИ С.П. КОРОЛЁВА»
(ПАО «РКК «ЭНЕРГИЯ»)**

Ленина ул., д. 4А, г. Королёв, МО, 141070
Тел. +7 (495) 513-86-55, факс +7 (495) 513-86-20
e-mail: post@rsce.ru; http://www.energia.ru
ОКПО 07530238; ОГРН 1025002032538
ИНН/КПП 5018033937/997450001

03.12.2020 № *783-05/158*

На № _____ от _____

Председателю
Учёного совета МАИ

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4

Высылаю отзыв официального оппонента на диссертацию Кургузова
Алексея Вячеславовича.

Приложение: отзыв в 2 экз. на 6 л. каждый: только в адрес.

С уважением,
учёный секретарь
ПАО «РКК «Энергия»,
к.ф-м.н.

О.Н. Хатунцева

Отдел документационного
обеспечения МАИ

03.12.2020

Отзыв

официального оппонента

на диссертацию КУРГУЗОВА Алексея Вячеславовича на тему: «Формирование проектных параметров энергодвигательной системы межорбитального транспортного аппарата с жидкостным и электрическим ракетными двигателями», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Актуальность.

Электроракетные двигатели (ЭРД) нашли широкое применение в составе двигательных установок коррекции отечественных геостационарных космических аппаратов (КА) ещё с 70-х гг. прошлого века. С 90-х гг. стационарные плазменные двигатели, либо ионные двигатели выполняют указанную функцию на большинстве отечественных и иностранных КА данного типа, существенно увеличивая срок их активного существования при ограниченной начальной массе. Постепенный рост энергопотребления их целевых систем привёл к увеличению проектной мощности солнечных батарей (СБ) до 15-20 кВт и более, что открыло возможность применения ЭРД не только для коррекции орбиты, но и, фактически, в качестве маршевых двигателей для довыведения КА на рабочую орбиту. В результате широкое применение получила гибридная схема выведения КА на геостационарную орбиту (ГСО). Схема предполагает выведение КА на геопереходную орбиту с помощью одноразовых разгонных блоков (РБ) с ЖРД с дальнейшим довыведением на ГСО посредством собственной электроракетной двигательной установки (ЭРДУ). Подобная схема позволяет заметно увеличить массу полезной нагрузки на ГСО при приемлемом времени выведения. Следующим логичным шагом развития данной схемы может явиться объединение ряда систем РБ и КА в составе единого межорбитального транспортного аппарата, что позволит отказаться от дублирования некоторых элементов энергодвигательной системы (ЭДС) КА, повысить массу полезной нагрузки на целевой орбите. Кроме того, данный подход открывает возможность оптимизации проектных параметров энергодвигательной системы межорбитального транспортного аппарата (МТА), а также схемы перелёта на ГСО.

Для реализации этой возможности требуется разработка соответствующего научно-методического аппарата – моделей ЭДС МТА и методик формирования проектного облика ЭДС.

Таким образом, тема диссертационного исследования Кургузова А.В., безусловно, актуальна.

Новизна.

На наш взгляд, в работе получены следующие новые научные результаты:

- разработаны модели энергодвигательной системы перспективного межорбитального транспортного аппарата, в том числе модель двигательной установки, включающей как ЖРД, так и ЭРДУ, и учитывающей их взаимное влияние и особенности баллистической схемы перелёта;

- методика формирования проектных параметров ЭДС МТА, позволяющая учесть на этапе проектных работ влияние указанных параметров на эффективность применения МТА нового типа.

Теоретическая значимость.

Теоретическая ценность работы заключается в том, что в диссертации предложены модели и методика, позволяющие учесть влияние проектных параметров ЭДС МТА нового типа (с двигательной установкой, включающей как ЖРД, так и ЭРД) на эффективность выполнения транспортной операции.

Практическая значимость.

Значимость результатов диссертационной работы для практики состоит в том, что предложенная автором методика позволяет выбрать рациональные значения проектных параметров ЭДС МТА нового типа на ранних этапах проектирования с учётом их влияния на эффективность его применения.

Реализация.

Результаты работы внедрены при разработке отраслевой «Методики и программы для определения рациональных энергомассовых характеристик с целью эффективности достижения требуемой скорости летательного аппарата» ФКП «ГкНИПАС», а также в учебный процесс МАИ.

Получено свидетельство о регистрации программы на ЭВМ.

Обоснованность и достоверность.

Обоснованность выводов и результатов работы обеспечивается использованием апробированного математического аппарата, современных методик сбора и обработки исходной информации, сопоставлением результатов расчётов с помощью приближённых аналитических зависимостей и численных методов.

Достоверность результатов подтверждается согласованностью с частными результатами, полученными в работах других авторов, а также данными по отечественным и зарубежным прототипам рассматриваемых межорбитальных транспортных средств.

Рекомендации по применению результатов работы.

Результаты работы (методика, модели) могут быть использованы при проектировании перспективных космических платформ и межорбитальных транспортных аппаратов на предприятиях «Роскосмоса» (прежде всего, в АО «ИСС им. М.Ф. Решетнёва» и АО «НПО им. С.А. Лавочкина»), а также в учебном процессе профильных ВУЗов (МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и др.).

Краткая характеристика основного содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения и трёх приложений.

Во *введении* автор обосновывает актуальность темы работы, формулирует цель и задачи исследования, показывает научную новизну и практическую значимость, формулирует положения, выносимые на защиту.

В *первом разделе* даётся анализ состояния вопроса в области ЭРД и ЭРДУ и их использования в составе КА, средств межорбитальной транспортировки для доставки КА на ГСО. Рассматриваются перспективы использования ЭРДУ в составе МТА. Формулируется цель диссертационной работы и конкретные задачи для её достижения.

Во *втором разделе* разработана параметрическая модель объекта исследования. Выбраны её входные параметры. Разработаны методы определения тяги ЖРД, удельного импульса и тяги ЭРД, а также расчёта начальных масс рабочих

тел. Изучено влияние верхней атмосферы Земли на область применения ЭРД. Формализована целевая функция и дано обоснование значений весовых коэффициентов при её составляющих.

В *третьем разделе* выбраны актуальные транспортные операции, для которых получены приближённые аналитические зависимости для определения затрат времени и характеристической скорости на перелёт. Для верификации предложенных аналитических моделей разработаны методы численного решения баллистических задач. Разработан метод оценки деградации солнечных батарей при пересечении радиационных поясов Земли.

В *четвёртом разделе* приведены результаты решения тестовых задач на основе разработанных методов (для перелёта МТА на ГСО с суперсинхронной высокоэллиптической орбиты, а также с промежуточной круговой компланарной орбиты).

Пятый раздел посвящён анализу полученных результатов, их сравнению с ранее предложенными решениями, перспективам использования результатов исследования при проектировании новых средств межорбитальной транспортировки.

В *заключении* кратко резюмируются результаты диссертационной работы, делается вывод о том, что поставленная цель достигнута.

Приложения содержат коды разработанных программ.

Содержание работы соответствует специальности 05.07.02. Оформление диссертации и автореферата отвечает существующим требованиям. В автореферате отражено основное содержание диссертационной работы.

Апробация работы.

Основные результаты работы докладывались на 4 Всероссийских и Международных научных конференциях.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно **опубликованы** в 8 научных работах, включая 3 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Замечания.

В качестве замечаний к диссертационной работе может быть отмечено следующее:

1. При рассмотрении транспортной операции, выполняемой посредством солнечной ЭРДУ необходимо учитывать теневые участки витков траектории – их влияние на продолжительность и схему перелёта; желательно также рассмотреть в этой связи деградацию характеристик солнечных батарей, обусловленную термоциклированием.

2. Вызывает сомнение вывод автора о предпочтительности кремниевых фотоэлектрических преобразователей для солнечных батарей межорбитальных транспортных аппаратов, рассмотренных в рамках данной диссертационной работы (при сравнительно небольшой требуемой мощности). Высокие значения КПД и радиостойкость современных многопереходных фотоэлектрических преобразователей на основе GaAs в значительной степени окупают их высокую стоимость для геостационарных платформ.

3. Поскольку рассматриваемый межорбитальный транспортный аппарат, фактически, выполняет транспортно-энергетическую функцию (т.е. обеспечивает не только довыведение космической платформы на ГСО, но и её дальнейшее энергоснабжение и коррекции орбиты), целесообразно рассматривать задачу оптимизации энергодвигательной системы с учётом всех этапов её функционирования.

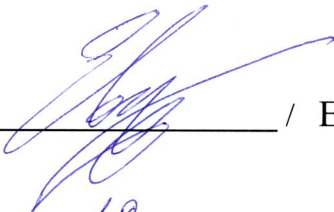
Указанные замечания не носят принципиального характера, не влияют на общую позитивную оценку работы, и могут рассматриваться как рекомендации по дальнейшим направлениям исследований.

Общее заключение по диссертационной работе.

Таким образом, диссертация Кургузова А.В. является законченной научно-квалификационной работой, в рамках которой решена важная научная задача - разработана методика обоснования проектных параметров энергодвигательной системы межорбитального транспортного аппарата с жидкостным и электрическим ракетными двигателями. Применение данной методики при проектировании перспективных средств межорбитальной транспортировки позволит повысить их эффективность за счёт рационального построения энергодвигательных систем.

ВЫВОД: диссертационная работа соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор, Кургузов Алексей Вячеславович, заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Официальный оппонент,
ведущий научный сотрудник
ПАО «РКК «Энергия»,
доктор технических наук


_____ / Евдокимов Роман Александрович
« 3 » _____ 12 _____ 2020 г.

141070 г. Королёв МО, ул. Ленина 4а;
тел.: 8(495)513-79-42;
e-mail: roman.evdokimov@rsce.ru

Подпись Р.А. Евдокимова удостоверяю

Учёный секретарь
ПАО «РКК «Энергия»,
кандидат физико-математических наук



_____ / Хатунцева Ольга Николаевна